

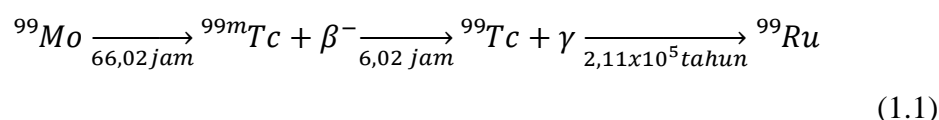
BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring berkembangnya zaman, teknologi dan ilmu pengetahuan dan teknologi nuklir turut dikembangkan dalam upaya memenuhi kebutuhan manusia dalam berbagai bidang. Sebagai contoh pada bidang kesehatan dikembangkan teknik pengobatan dan diagnosa suatu penyakit dengan menggunakan radioisotop. Pengobatan dan diagnosa dengan menggunakan radioisotop dinilai efektif oleh karena itu produksi isotop medis masih dipelajari dan dikembangkan sampai sekarang. Salah satu produksi isotop yang sangat sering digunakan dalam diagnosis nuklir adalah teknetium-99m (^{99m}Tc).

Radioisotop ^{99m}Tc yang merupakan isomer inti metastabil dari ^{99}Tc . Dari semua prosedur pengobatan menggunakan teknologi nuklir, 85% prosedur melibatkan ^{99m}Tc dengan setiap tahunnya sebanyak 40 juta prosedur dilakukan diseluruh dunia. Radioisotop ^{99m}Tc merupakan nuklida pemancar gamma dengan energi rendah yakni 140 keV dan waktu paruhnya 6 jam. Energi rendah dari gamma yang tidak membahayakan pasien masih dapat dideteksi dan waktu paruhnya yang cepat sehingga radiasinya cepat habis sangat cocok bila digunakan sebagai pelacak dalam tubuh pasien (Tsechanski, 2016). Radioisotop ^{99m}Tc tidak ada di alam, dan produksinya tidak dilakukan langsung pada ^{99m}Tc karena waktu paruhnya yang pendek. Jadi nuklida yang diproduksi adalah nuklida induknya. Nuklida induk dari ^{99m}Tc adalah molibdenum-99 (^{99}Mo). Nuklida ^{99}Mo juga tidak tersedia di alam. Reaksi peluruhan ^{99}Mo dapat dilihat pada persamaan (1.1).



(Isnaeni, 2014)

Produksi ^{99}Mo dapat dilakukan dengan dua cara yakni transmutasi ^{98}Mo oleh neutron atau dari produk fisi ^{235}U . Cara kedua adalah cara paling efektif dan

paling sering dilakukan pada reaktor riset. Saat ini banyak reaktor riset dan reaktor uji coba seperti *High Flux Reactor* (HFR) di Belanda, *National Research Universal* (NRU) di Kanada, OSIRIS di Prancis, RA-3 di Argentina, SAFARI-1 di Afrika Selatan, dan lain-lain, telah mampu memproduksi ^{99}Mo dalam skala komersial. Untuk saat ini 95% ^{99}Mo yang tersedia dari pasokan diproduksi dari iradiasi target ^{235}U dalam reaktor dengan pengayaan tinggi *High-Enrichment Uranium* (HEU) lebih dari 20%.

Pada tahun 1978 ditetapkanlah program *Reduced Enrichment of Research and Test Reactor* (RERTR) di *Argonne National Laboratory* (ANL) oleh *Department of Energy* (DOE) yang memiliki tujuan utama yakni mengembangkan teknologi yang dibutuhkan untuk menggunakan *Low-Enrichment Uranium* (LEU) sebagai bahan bakar pada reaktor riset dan reaktor uji coba tanpa harus mengalami kerugian yang signifikan dalam aspek performa eksperimen, ekonomi, ataupun keamanan dari reaktor (Travelli, 1996). Program RERTR telah mengkonversi lebih dari 40 reaktor riset dan uji coba (Jo, 2014). Salah satu reaktor riset yang juga melakukan konversi bahan bakar ini adalah reaktor ARGUS.

Reaktor ARGUS terdapat di *National Research Centre* (NRC) *Kurchatov Institute* telah beroperasi dengan sukses sejak tahun 1981. Tujuan dari ARGUS adalah untuk menyediakan metode fisika nuklir dari analisis, kontrol, dan produksi radionuklida. Kemungkinan terjadinya pengkonversian ARGUS ke bahan bakar LEU telah dipelajari pada tahun 2010-2012. Perhitungan aspek neutronik dan termal hidrolik menunjukkan hasil yang positif sehingga rencana pengkonversian dapat dilakukan. Setelah konversi reaktor ARGUS dapat menjadi *prototype* dari suatu fasilitas untuk produksi ^{99}Mo secara komersial pada reaktor larutan (Boldyrev, 2014).

ARGUS merupakan reaktor homogen atau yang lebih dikenal dengan *Aqueous Homogeneous Reactor* (AHR). Perbedaan dasar AHR dengan reaktor lain adalah pada bahan bakarnya. Bahan bakar dalam AHR berupa larutan dimana moderator dan bahan bakar uranium dicampur dalam larutan tersebut. Kelebihan dari produksi ^{99}Mo dengan AHR dibandingkan dengan iradiasi target ^{235}U dalam

reaktor pada umumnya adalah dalam larutan bahan bakar tidak perlu melakukan preparasi target karena hasil fisi dapat langsung diekstraksi dari larutan bahan bakar dan daya yang digunakan AHR jauh lebih rendah dari reaktor yang melakukan iradiasi pada target untuk menghasilkan jumlah ^{99}Mo yang sama (IAEA, 2008).

Meskipun produksi ^{99}Mo dalam reaktor dapat dikatakan efektif, akan tetapi terdapat resiko adanya pengotor dalam ^{99}Mo yang dihasilkan. Pengotor tersebut dapat berupa sumber radiasi tertentu seperti sumber radiasi α . Hal ini dikarenakan didalam reaktor dapat terjadi transmudasi bahan bakar yang menghasilkan sumber radiasi α ataupun salah satu dari produk fisi lain merupakan sumber radiasi α . Partikel α sendiri merupakan partikel radiasi yang memiliki daya ionisasi paling tinggi diantara partikel radiasi lain. Meskipun daya tembus α sangat kecil, bahkan tidak bias menembus kulit manusia, akan tetapi penggunaan $^{99\text{m}}\text{Tc}$ adalah sebagai pelacak didalam tubuh. Jadi jika pada ^{99}Mo atau $^{99\text{m}}\text{Tc}$ terdapat pengotor α maka sangat bahaya. Dampak dari radiasi α dalam tubuh antara lain memicu kanker, kerusakan DNA, dan sindrom radiasi akut (ARS). Batas radiasi pengotor α dalam ^{99}Mo adalah $10^{-6} \mu\text{Ci}$ sampai $10^{-7} \mu\text{Ci}$ per 1 mCi ^{99}Mo (Kadarisman, 1998).

Oleh karena kemungkinan resiko yang ada pada produksi ^{99}Mo menggunakan reaktor, pada penelitian kali ini dilakukan simulasi perbandingan besar total aktivitas radiasi α pada LEU dan HEU dalam reaktor ARGUS dengan menggunakan MCNPX.

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana membuat model geometri reaktor ARGUS berbahan bakar LEU dan HEU sesuai dengan literatur dengan menggunakan kode MCNPX?
2. Bagaimana cara agar reaktor ARGUS berbahan bakar LEU dan HEU yang disimulasikan dengan kode MCNPX mencapai keadaan kritis?
3. Berapa jumlah saturasi ^{99}Mo yang dihasilkan dalam reaktor ARGUS dan kapan ^{99}Mo saturasi tersebut tercapai?

4. Nuklida hasil fisi dan transmutasi apa saja yang memancarkan radiasi α dan berpotensi mengkontaminasi pada proses ekstrasi ^{99}Mo saat ^{99}Mo yang diperoleh sudah maksimal?
5. Bagaimana perbandingan total aktivitas nuklida pemancar α hasil fisi pada LEU dan HEU dalam reaktor homogen ARGUS?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mampu membuat model geometri reaktor ARGUS berbahan bakar LEU dan HEU sesuai dengan literatur dengan menggunakan kode MCNPX.
2. Mampu memperoleh reaktor ARGUS berbahan bakar LEU dan HEU yang disimulasikan dengan kode MCNPX dalam keadaan kritis.
3. Mampu mengetahui jumlah maksimal ^{99}Mo yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan agar ^{99}Mo maksimal tersebut tercapai.
4. Mengetahui nuklida hasil fisi apa saja yang memancarkan radiasi α dan berpotensi mengkontaminasi pada proses ekstrasi ^{99}Mo saat ^{99}Mo yang diperoleh sudah maksimal.
5. Mampu menjelaskan perbandingan total aktivitas nuklida pemancar α hasil fisi pada LEU dan HEU dalam reaktor homogen ARGUS.

1.4. Batasan Masalah

1. Simulasi neutronik untuk menentukan kritikalitas dan *burn-up* dengan menggunakan kode MCNPX.
2. Pembuatan geometri reaktor ARGUS berdasarkan jurnal pengkonversian larutan bahan bakar ARGUS dari HEU ke LEU (Masyinkov dkk, 2012).
3. Penyesuaian parameter dilakukan agar reaktor dalam keadaan kritis dan parameter yang akan diteliti karakteristiknya dibatasi pada tebal reflektor, ketinggian permukaan, dan konsentrasi.
4. Total radiasi α dihitung saat ^{99}Mo mengalami saturasi dan yang dipilih adalah nuklida yang 100% memancarkan radiasi α .

1.5. Manfaat Penelitian

1. Mempelajari keamanan dari suatu reaktor penghasil isotop medis khususnya tentang pengotor α .
2. Memberikan pengetahuan tentang AHR khususnya ARGUS.
3. Mempelajari efek pengonversian reaktor dengan bahan bakar uranium diperkaya tinggi menjadi reaktor dengan bahan bakar uranium diperkaya rendah.
4. Geometri ARGUS yang telah dibuat nantinya dapat digunakan untuk penelitian tentang AHR lebih lanjut.